Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

CANMET
Canada Centre for Mineral and Energy Technology
Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

RENDEMENT DES APPAREILS DE CHAUFFAGE AU BOIS

A.C.S. Hayden
LABORATOIRE CANADIEN DE RECHERCHE SUR LA COMBUSTION

OCTOBRE 1978

Rapport préparé pour le cours sur le chauffage au bois de l'Institut canadien de l'énergie du bois

PROGRAMME DE RECHERCHES EN ENERGIE
LABORATOIRES DE RECHERCHE SUR L'ENERGIE
RAPPORT ERP/ERL 78-82F (TR) (OP)

90-04678/

RENDEMENT DES APPAREILS DE CHAUFFAGE AU BOIS

par

A.C.S. Hayden*

RESUME

Le présent ouvrage porte sur les quatre méthodes utilisées pour mesurer le rendement des appareils de chauffage au bois. La méthode la plus précise et la plus facile à reproduire est celle qui consiste à calculer les pertes de chaleur instantanées. La comparaison sur place avec des systèmes connus permet de mesurer le rendement réel des poêles à bois.

Pour bien seconder un système de chauffage existant, il faut que le poêle soit placé dans une pièce très fréquentée. Ce n'est qu'alors qu'un poêle hermétique à l'air et bien conçu permettra de réaliser des économies d'énergie.

---

*Chercheur, Laboratoire canadien de recherche sur la combustion, Laboratoires de recherche sur l'énergie, CANMET, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Canada.

TABLE DES MATIERES

		Page
	Résumé	1
	Table des matières	ii
1.0	Introduction	1
2.0	Composition et combustion des combustibles	2
3.0	Rendement de combustion	3
4.0	Rendement des appareils de chauffage (poêles à bois)	3
	4.1 Méthodes de mesure du rendement des appareils de chauffage	3
	4.1.1 Méthode de calcul simplifié des pertes de chaleur	4
	4.1.1.1 Perte de chaleur due à l'échappement de la fumée	4
	4.1.1.2 Perte de chaleur due à la combustion de l'hydrogène	5
	4.1.1.3 Perte de chaleur due à la teneur en humidité du bois	5
	4.1.1.4 Perte de chaleur due à une combustion incomplète	5
	4.1.1.5 Exemple	5
	4.1.2 Méthode de calcul de la production de chaleur	9
	4.1.3 Méthode de calcul continu des pertes instantanées de chaleur	10
	4.1.4 Méthode de comparaison sur place avec un système connu	12
5.0	Le poêle à bois comme moyen d'économiser l'énergie	14
6.0	Puissance nominale	15
7.0	Résumé	15
8.0	Références	16

TABLEAUX

Tableau 1 - Analyse élémentaire de l'érable à sucre	17
Tableau 2 - Phases élémentaires de la combustion du bois	18
Tableau 3 - Méthodes de mesure du rendement des appareils de chauffage au bois	19

	Page
Tableau 4 - Pertes de chaleur par la cheminée	20
Tableau 5 - Facteurs influant sur le rendement d'un poêle à bois	21
Tableau 6 - Mesures à effectuer pour la méthode de calcul des pertes de chaleur instantanées	22
Tableau 7 - Éléments types de la créosote	23

FIGURES

Figure 1 - Voies prises par la chaleur au sortir du poêle	24
Figure 2 - Pertes de chaleur dues à l'échappement de la fumée - Érable à sucre	25
Figure 3 - Pertes de chaleur dues à la combustion de l'hydrogène - Érable à sucre	26
Figure 4 - Pertes de chaleur dues à la teneur en humidité du bois - Érable à sucre	27
Figure 5 - Pertes de chaleur dues à la présence d'oxyde de carbone(CO)- Érable à sucre	28
Figure 6 - Résultats obtenus par la méthode de calcul continu des pertes de chaleur instantanées	29
Figure 7 - Profils thermiques d'une maison chauffée à l'électricité et au bois (vérification sur place)	30

RENDEMENT DES APPAREILS DE CHAUFFAGE AU BOIS

par

A.C.S. Hayden

1.0 INTRODUCTION

L'une des notions les plus floues en matière de poêles à bois est celle que revêt le terme "rendement". En effet, c'est là un terme qui a son importance pour l'acheteur d'un poêle et, par conséquent, pour le vendeur et le fabricant, de même que pour tout groupe qui se préoccupe de l'utilisation optimale des ressources énergétiques du Canada.

On entend souvent dire que tel poêle a "le meilleur rendement de tous les poêles sur le marché", ou que tel autre a "un rendement supérieur à 75 p. cent". En général, les affirmations de ce genre sont fondées sur des bases tout au plus précaires, et souvent ceux qui les font savent plus ou moins, ou ne savent pas du tout, comment mesurer le rendement, voire ce que le terme signifie. Il ne faut toutefois pas trop les en blâmer car il n'y a pas de méthode vraiment valable pour mesurer le rendement absolu des appareils de chauffage à combustible solide, ni pour comparer le rendement d'appareils différents.

Le Laboratoire canadien de recherche sur la combustion (L.C.R.C.), en collaboration avec la Société centrale d'hypothèques et de logement, est à mettre au point une méthode normalisée qui servira à mesurer le rendement des appareils de chauffage au bois pendant un cycle de combustion complet. Son fondement, de même que certaines techniques spéciales, sont décrits dans les pages qui suivent.

2.0 COMPOSITION ET COMBUSTION DES COMBUSTIBLES

La plupart des combustibles ont deux éléments essentiels, le carbone et l'hydrogène, de même que, à des degrés différents, du soufre, de l'azote, de la cendre, de l'oxygène et, dans le cas de combustibles solides comme le bois et le charbon, d'importantes quantités d'eau. Une liste complète d'éléments, appelée "analyse élémentaire", est donnée au tableau 1 pour un bois dur commun au Canada, à savoir l'érable à sucre.

Les éléments les plus importants du point de vue du dégagement d'énergie sont le carbone et l'hydrogène, ainsi que l'eau (humidité). En présence d'air et de chaleur, si la combustion est complète, le carbone est entièrement oxydé et se transforme en bioxyde de carbone (CO_2) et l'hydrogène en vapeur d'eau (H_2O). L'azote qui est présent dans l'air, et l'oxygène et l'eau qui restent dans le combustible, atteignent la température de la fumée qui s'échappe par la cheminée et entraîne avec elle la chaleur. Si la combustion est incomplète, il y a formation de produits intermédiaires, notamment de l'oxyde de carbone (CO), quelques hydrocarbures partiellement brûlés (HC) et des particules solides, appelées "suie", qui sont souvent du carbone pur (C).

Contrairement au pétrole et au gaz, le bois ne brûle pas uniformément, mais passe par trois phases de combustion distinctes (voir tableau 2). La première, lorsque le bois est enflammé, est de se débarrasser de l'humidité du bois, ce qui peut résulter en une importante perte de chaleur. La seconde est la vaporisation des hydrocarbures volatils, qui passent souvent directement dans la fumée sous forme d'hydrocarbures non brûlés ou partiellement brûlés, formant ainsi le gros des dépôts de créosote dans les cheminées. Enfin, la troisième est la combustion des hydrocarbures moins volatils dans le bois et le charbon restant, c'est-à-dire, dans beaucoup de cas, le carbone pur.

En réalité, ces trois phases ne se produisent pas distinctement les unes après les autres, mais simultanément, allant graduellement vers la troisième au fur et à mesure que la combustion avance dans le temps. Néanmoins, la composition du bois (c'est-à-dire les éléments) ne reste pas la même pendant tout le cycle de combustion, mais tend toujours vers une plus grande concentration de carbone.

3.0 RENDEMENT DE COMBUSTION

Dans la plupart des calorifères à l'huile et au gaz, la combustion est effectivement complète. En d'autres mots, comme il n'y a que de petites quantités d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures qui soient formées, le rendement de combustion est presque toujours supérieur à 99 p. cent. Par contre, dans le cas d'appareils à combustible solide et, en particulier ceux qui sont alimentés au bois, la combustion n'est pas aussi complète. D'importantes quantités d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures peuvent être formées, de sorte que le degré de combustion peut parfois être inférieur à 95 p. cent.

Ainsi, le rendement de combustion est tout simplement une mesure qui sert à indiquer jusqu'à quel point la combustion est complète. Pour savoir combien d'énergie le combustible dégage sous forme de chaleur, il est utile d'introduire une autre notion: le rendement des appareils.

4.0 RENDEMENT DES APPAREILS DE CHAUFFAGE (POÊLES À BOIS)

La notion qui nous échappait tout à l'heure peut maintenant être précisée en parlant de "rendement des appareils". Il s'agit de la capacité d'un appareil, soit le poêle à bois, d'extraire de la chaleur du bois et de la transmettre aux locaux à chauffer, en l'occurence la maison. La figure 1 montre les deux directions que peut prendre la chaleur cédée par le bois: dans la maison et dans la cheminée, sous forme de perte. Le rendement d'un appareil est donc le rapport entre la chaleur transmise à la maison et la chaleur contenue dans le bois, multiplié par 100 ou, pour voir la chose sous un autre angle, 100 p. cent moins toutes les pertes de chaleur par la cheminée.

Voyons maintenant comment ce rendement est mesuré.

4.1 Méthodes de mesure du rendement des appareils de chauffage

Il y a quatre méthodes de base qui peuvent être utilisées, avec plus ou moins de succès, pour mesurer le rendement d'un appareil de chauffage au bois (voir tableau 3). La première, appelée "méthode de calcul simplifié des pertes de chaleur", est une méthode indirecte qui évalue les pertes de chaleur par la cheminée, en supposant une composition constante du bois. Bien que cette méthode ne soit pas des plus précises, étant donné la supposition faite au départ, elle permet d'évaluer de façon satisfaisante le rendement du poêle

et les problèmes éventuels. La seconde, appelée "méthode de calcul de la production de chaleur", consiste à mesurer directement la chaleur transmise par le poêle aux locaux environnants. Son application comporte toutefois certaines difficultés. La troisième, appelée "méthode de calcul continu des pertes instantanées de chaleur", est celle qui a été adoptée et mise au point au L.C.R.C. Très précise et complexe, cette méthode permet de mesurer le rendement indirectement, en calculant de façon détaillée toutes les pertes de chaleur par la cheminée. Enfin, la quatrième, appelée "méthode de comparaison sur place avec un système connu", consiste à installer le poêle à vérifier dans une maison munie d'un système de chauffage classique dont le rendement thermique est connu et à mesurer l'effet du poêle sur le système.

Voyons maintenant ces quatre méthodes de plus près.

4.1.1 Méthode de calcul simplifié des pertes de chaleur (Méthode indirecte)[1]

Quelques hypothèses simplifiées sont d'abord faites sur la façon dont brûle le bois. Il y est supposé, en particulier, que la composition du bois reste constante pendant tout le cycle de combustion. Or, nous avons vu que ce n'était pas le cas. Néanmoins, cette méthode permet, grâce à des mesures relativement simples, d'avoir un très bon aperçu des divers aspects du rendement d'un poêle, notamment les endroits où se produisent les pertes de chaleur et pourquoi.

Les figures 2, 3, 4 et 5 présentent des graphiques qui montrent les diverses causes de pertes de chaleur: l'échappement de la fumée, la combustion de l'hydrogène, la teneur en humidité du bois et la présence d'oxyde de carbone.

Pour utiliser ces graphiques, il faut mesurer ce qui suit: la température de la fumée, la température de l'air comburant (température ambiante), l'excès d'air comburant dérivé soit de la teneur en bioxyde de carbone, soit de la teneur en oxygène de la fumée et, enfin, la teneur en oxyde de carbone de la fumée comme mesure de combustion incomplète.

Voici maintenant de plus amples détails sur les graphiques en question.

4.1.1.1 Perte de chaleur due à l'échappement de la fumée (figure 2). Ce graphique montre, en pourcentage de l'énergie contenue dans le combustible, la perte de chaleur représentée par la chaleur sensible de la fumée sèche qui

s'échappe du poêle. Elle dépend de l'excès d'air et de la température de la fumée qui est supérieure à la température de l'air comburant. La courbe de perte de chaleur est tracée par rapport à l'air comburant total à des températures différentes. Les courbes de CO_2 et de O_2 montrent bien le rapport qu'il y a entre la fumée et l'air comburant.

4.1.1.2 Perte de chaleur due à la combustion de l'hydrogène (figure 3). Ce graphique montre, en pourcentage de l'énergie contenue dans le combustible, la perte de chaleur due à la présence de vapeur d'eau dans la fumée par suite de la combustion de l'hydrogène contenu dans le bois. Ce pourcentage de perte de chaleur comprend la chaleur nécessaire à l'évaporation de l'eau ainsi formée et à la surchauffe de la vapeur jusqu'à la température de la fumée. La perte de chaleur est fonction uniquement de la température de la cheminée et de la température de l'air comburant (air ambiant).

4.1.1.3 Perte de chaleur due à la teneur en eau (humidité) du bois (figure 4). Ce graphique montre, en pourcentage de l'énergie contenue dans le combustible, la perte de chaleur due à la chaleur requise pour élever la température de l'eau contenue dans le bois au point d'ébullition, pour évaporer cette eau et pour surchauffer la vapeur ainsi produite à la température finale de la fumée. Lorsque le bois est à la température ambiante, comme il est supposé dans la figure 4, la perte dépend de la teneur en eau du bois et de la température de la cheminée. Lorsque le bois est gardé à des températures extérieures froides et immédiatement brûlé, il faut un graphique plus complexe.

4.1.1.4 Perte de chaleur due à une combustion incomplète (oxyde de carbone(CO)) (Figure 5). Ce graphique montre, en pourcentage de l'énergie contenue dans le combustible, la perte de chaleur due à l'oxyde de carbone(CO) contenu dans la fumée. Si la combustion était complète, tout le carbone du combustible s'oxyderait pour se transformer en CO_2. La présence d'oxyde de carbone (CO) indique qu'il y a combustion incomplète, et que des hydrocarbures et de la suie sont présents dans la fumée. Ceci signifie, par conséquent, que l'énergie du combustible n'a pas été entièrement convertie en chaleur.

4.1.1.5 Exemple. Pour illustrer l'utilisation des graphiques, supposons que de l'érable à sucre, représenté par l'analyse élémentaire au tableau 1, est

brûlé dans un poêle hermétique à l'air. Les conditions de fonctionnement sont mesurées comme suit:

Température ambiante- 70° F

Température du bois- 70° F

Teneur en humidité du bois- 20 % (bois séché à l'air)

Température de la cheminée- 600° F

Teneur en CO_2 de la fumée- 7 %

Teneur en CO de la fumée- 1 %

Grâce à la méthode de calcul simplifié des pertes de chaleur, nous obtenons les résultats suivants:

Air comburant total (d'après la figure 2)	300 %
Excès d'air	200 %
Perte due à la fumée sèche (d'après la figure 2)	22,0 %
Perte due à l'hydrogène (d'après la figure 3)	7,5 %
Perte due à l'humidité (d'après la figure 4)	4,0 %
Perte due au CO (d'après la figure 5)	2,8 %
PERTE DE CHALEUR TOTALE	36,8 %

Le rendement du poêle est donc évalué à:

100 - 36,8 % = 63,2 %

Voici maintenant comment le rendement du poêle est influencé par la température de la cheminée, l'air comburant (ou l'excès d'air), la teneur en humidité du bois et la combustion incomplète.

Température de la cheminée - Plus la température de la cheminée est élevée et plus le rendement de l'appareil est faible en raison de l'augmentation des pertes dues à l'échappement de la fumée sèche, à la combustion de l'hydrogène et à la teneur en humidité du bois.

Air comburant (excès d'air) - Plus la quantité d'air requise pour une combustion relativement complète est grande et plus le rendement de l'appareil est faible en raison de l'augmentation des pertes dues à l'échappement de la fumée sèche,

Teneur en eau (humidité) du bois - Plus la teneur en eau du bois est élevée, d'habitude en raison d'un séchage insuffisant à l'air, et plus le rendement de l'appareil est faible.

Combustion incomplète - Plus la quantité d'oxyde de carbone et d'autres éléments partiellement brûlés est grande et plus le rendement de l'appareil est faible.

Un résumé de ces conditions interdépendantes est donné au tableau 5.

La méthode de calcul simplifié des pertes de chaleur est celle qui est la plus acceptée et la plus précise lorsqu'il s'agit de mesurer le rendement des appareils à régime constant de tout type, depuis les grosses chaudières de production d'électricité aux petits calorifères domiciliaires, alimentés à l'huile, au gaz et, même, au charbon pulvérisé. Toutefois, en ce qui

concerne les appareils de chauffage à combustible solide comme les poêles à bois, il existe un problème de taille: le fait que la composition du combustible ne reste pas constante pendant tout le cycle de combustion.

4.1.2 Méthode de calcul de la production de chaleur

Dans le cas d'un calorifère ou d'une chaudière, où la chaleur produite est transmise par de petits tuyaux confinés, cette méthode est relativement simple. Cependant, dans le cas d'un poêle à bois, où la transmission de la chaleur se fait par rayonnement dans toutes les directions à la fois, et où de légers courants d'air, naturels ou forcés, peuvent augmenter la transmission de la chaleur par convection, il est extrêmement difficile de mesurer de façon réaliste la production réelle de chaleur.

L'une des applications les plus connues de cette méthode a été faite par J. Shelton (2). Ce dernier a en effet mis au point une chambre dite calorimétrique, qui est une installation extrêmement bien isolée dans laquelle est logé le poêle à vérifier. La chambre comprend deux ouvertures: l'une par laquelle l'air est admis à une température connue et l'autre par laquelle l'air est évacué et le gain de température mesuré. Comme la chambre est tellement bien isolée, tout gain de température provient du poêle. Le rendement peut ainsi être déterminé si l'on connaît la quantité d'énergie contenue dans le bois. L'un des principaux inconvénients de cette méthode vient de ce qu'il se produit autour du poêle un grand mouvement d'air qui n'y serait pas dans la pratique. Or, comme il est bien connu qu'en augmentant la vitesse de l'air au-dessus d'une surface chaude, on augmente en même temps la transmission de chaleur par convection (prenez, par exemple, un calorifère lorsque le ventilateur est en marche et lorsqu'il est à l'arrêt, la mesure de la production de chaleur n'est pas valable.

Une autre chambre calorimétrique, plus perfectionnée que la première, est utilisée en Europe. Dans ce cas-ci, la chambre est complètement fermée et isolée et revêtue à l'intérieur d'une chemise d'eau dans laquelle circule de l'eau à un débit donné. En mesurant les gains de température de l'eau, on obtient la production de chaleur du poêle. Comme il n'y a pas plus de mouvement d'air autour du poêle que dans des conditions normales, cette méthode est de beaucoup supérieure à la précédente. Elle est, toutefois, restrictive en ce qu'elle confine le poêle à une pièce extrêmement bien isolée et fermée, ce qui est peu représentatif de la plupart des maisons.

D'ailleurs, toutes les méthodes de mesure directe de la production de chaleur, lorsque appliquées au rendement, souffrent de ce même inconvénient. De plus, il est pratiquement impossible d'obtenir les mêmes résultats d'un

service de vérification à un autre, à moins que la construction de la chambre ne soit exactement semblable dans tous les cas. De telles façons de procéder pourraient conduire à de pires comparaisons du rendement réel des appareils de chauffage que les estimations bien connues du millage des automobiles publiées par la Environmental Protection Agency.

Enfin, toutes les méthodes directes de mesure comme celles qui viennent d'être décrites présentent un autre grand inconvénient: elles ne permettent pas de savoir pourquoi le poêle fonctionne bien ou mal, s'il peut y avoir des problèmes de température, de formation de créosote, etc, et pourquoi.

4.1.3 Méthode de calcul continu des pertes instantanées de chaleur

La méthode de calcul continu des pertes instantanées de chaleur, adoptée par le Laboratoire canadien de recherche sur la combustion, ne présente aucun des inconvénients des méthodes précédentes en ce qui concerne la précision de la mesure du rendement, et permet de mieux comprendre le fonctionnement de chaque appareil. Tout comme la méthode de calcul simplifié des pertes de chaleur, elle est fondée sur la mesure indirecte du rendement en calculant toutes les pertes de chaleur (voir tableau 4).

Les pertes qui résultent d'une combustion complète (échappement de la fumée sèche, combustion de l'hydrogène, teneur en eau) sont déterminées instantanément pour des analyses de combustible qui sont constamment modifiées pendant tout le cycle de combustion, un peu comme dans le cas de la méthode de calcul simplifié. En outre, il est tenu compte de tous les produits d'une combustion incomplète (oxyde de carbone, carbone non brûlé sous forme de suie et hydrocarbures "créosotiques" partiellement brûlés) quant aux pertes de chaleur qu'ils engendrent.

La mesure des éléments de la fumée et la technique utilisée pour ce faire sont données au tableau 6. Tous les éléments contenus dans la fumée d'échappement, de même que les variations du poids du bois, sont mesurés et enregistrés simultanément sur bande magnétique pendant tout le cycle de combustion. Ensuite, grâce à un ordinateur, la composition du bois est modifiée pour tout le cycle et les pertes instantanées de chaleur sont calculées d'après l'analyse modifiée pour cet instant précis du cycle. Des profils de rendement sont ainsi produits pour tout le cycle de combustion et intégrés pour obtenir le rendement moyen et la production de chaleur moyenne pendant le cycle.

Le fait de connaître toutes les caractéristiques de fonctionnement nous permet d'étudier le rendement de tout un éventail de poêles de même type dans des conditions différentes d'essai et pour des espèces différentes de bois. Il nous est également possible de mieux évaluer les mesures de sécurité à prendre pour réduire les risques de formation de créosote et d'incendie.

Une liste complète des hydrocarbures volatils (créosote) identifiés au cours d'un essai est donnée au tableau 7. En tête viennent les phénols, suivis de l'acide acétique et de quelques benzènes. Ces résultats ont été obtenus par l'analyse de fumées condensées dans un spectrographe de masse automatisé.

Un exemple des résultats obtenus à la suite d'un essai effectué pendant tout un cycle de combustion est donné à la figure 6 pour montrer combien peuvent varier la température de la cheminée, le bioxyde de carbone, l'oxyde de carbone et le poids du combustible.

4.1.4 Méthode de comparaison sur place avec un système connu

Comme nous venons de le voir, il y a trois méthodes de base qui peuvent servir à mesurer le rendement d'un poêle à bois sur banc d'essai ou en laboratoire, la meilleure étant de loin le calcul continu des pertes instantanées de chaleur. Toutefois, puisque "la qualité se révèle à l'usage", selon un dicton, il reste que pour vraiment connaître le rendement et les possibilités d'économies d'énergie d'un poêle à bois, il faut en évaluer l'effet sur un système de chauffage classique là où le poêle est installé, c'est-à-dire dans la maison même.

La chose n'est pas aussi simple que de dire: "J'ai consommé deux cents gallons d'huile de moins que l'année dernière". Il faut tenir compte de l'effet d'autres mesures d'économies d'énergie, qu'il s'agisse de modifications profondes à la maison, comme l'amélioration de l'isolation et la pose de contre-fenêtres, ou de simples changements au mode de vie, comme l'abaissement du thermostat, ou encore de facteurs climatiques, comme la température extérieure en particulier. La méthode à suivre pour mesurer ces effets est décrite aux références 3 et 4.

Un profil thermique de la maison est d'abord établi dans des conditions normales de fonctionnement pour toute la gamme des températures saisonnières. Ensuite, un nouveau profil est tracé en tenant compte de l'appareil d'économies d'énergie, en l'occurence le poêle à bois. A la figure 7 se trouve, à titre d'exemple, un profil d'une maison chauffée à l'électricité et au bois. Une fois les deux profils établis, ils sont intégrés au profil de température d'une saison réelle de chauffage pour ainsi obtenir la consommation annuelle d'énergie. Dans l'exemple donné, le poêle a enregistré un rendement saisonnier de 65 p. cent par rapport au système électrique.

Cette méthode peut également servir à évaluer l'effet "thermique" de foyers encastrés. En effet, dans les maisons qui ont servi à nos essais, nous avons découvert que lorsque le foyer ne rayonnait pas sur le thermostat, la consommation de combustibles classiques augmentait quand le foyer était utilisé, indiquant par là un rendement négatif. Par contre, lorsque les foyers rayonnaient directement sur le thermostat, la consommation de combustibles classiques tombait d'au plus 20 p. cent, alors que le reste de la maison se refroidissait sensiblement. Cette économie d'énergie aurait pu être tout aussi bien réalisée si le thermostat avait été baissé de quelques degrés, fait d'ailleurs accompli.

Il est prévu de soumettre à de pareilles évaluations sur place la plupart des poêles à bois de mêmes types, actuellement vérifiés au L.C.R.C. selon la méthode de calcul continu des pertes instantanées de chaleur, afin de voir ce que les résultats obtenus en laboratoire signifient réellement.

5.0 LE POELE A BOIS COMME MOYEN D'ECONOMISER L'ENERGIE

Pour qu'un poêle à bois soit un moyen efficace d'économiser l'énergie, il doit, bien entendu, avoir un bon rendement et être sans danger. Plus le rendement d'un poêle est élevé et moins il faut de bois pour produire la quantité de chaleur voulue.

A part cela, l'emplacement du poêle est très important. En effet, si le poêle est destiné à être plus qu'un ornement, ou un autre dévoreur d'énergie dans une maison déjà bien pourvue en articles de ce genre, il doit être placé dans la pièce où l'on se tient le plus dans la maison, soit, dans la plupart des cas, le salon ou toute salle de séjour située au rez-de-chaussée. En principe, cette pièce doit communiquer largement avec le reste de la maison afin de permettre à la chaleur de circuler librement du poêle aux autres pièces de la maison. Il arrive souvent que, dans les maisons à deux étages, l'escalier qui mène au second se trouve dans cette même pièce, ou tout près, formant ainsi une "conduite d'air chaud" pratique pour laisser monter la chaleur, de même qu'une bonne "conduite de retour d'air froid".

En ayant un poêle hermétique à l'air, confortable et attrayant, la famille aurait tendance à se rassembler autour de cette source de chaleur efficace, et le thermostat pourrait être baissé davantage pour de plus amples économies.

Comme substitut attrayant et d'un meilleur rendement que le foyer, il y a les poêles combinés hermétiques à l'air, dont les portes peuvent être ouvertes pour découvrir la flamme, le seul avantage du foyer, ou fermées pour rendre le poêle hermétique à l'air et hautement efficace.

L'un des principaux inconvénients à placer le poêle au sous-sol, à part le fait que certains membres de la famille peuvent ne pas aimer l'idée d'y passer toutes leurs soirées, vient de ce qu'il est alors assez difficile de transmettre la chaleur du poêle au reste de la maison. En effet, les murs des sous-sols étant rarement isolés, ils constituent une source rapide de perte de chaleur vers l'extérieur. De plus, les épaisses moquettes et les sous-tapis, posés au rez-de-chaussée, forment une couche isolante qui empêche la chaleur de monter aux principales pièces de la maison. Il n'est pas rare de voir un poêle installé au sous-sol devenir tout simplement un autre dévoreur d'énergie plutôt qu'un complément utile à un système de chauffage existant.

6.0 PUISSANCE NOMINALE

Comme la plupart des poêles à bois chauffent par rayonnement ou par convection et rayonnement, contrairement aux systèmes de chauffage central, le fait de dire qu'un poêle peut chauffer une superficie de 1 000, 2 000 ou 3 000 pieds carrés n'a pratiquement aucun sens, car son emplacement est essentiel à sa capacité réelle de chauffer une maison. En outre, les besoins de chauffage varient grandement selon le niveau d'isolation des maisons et ce, qu'elles soient situées dans la même ville ou dans des villes différentes comme Toronto et Winnipeg.

Il peut être utile de connaître la puissance nominale d'un poêle, c'est-à-dire sa production d'énergie (B.T.U.) pour différents types de bois, durs ou tendres. La puissance nominale est fonction du rendement du poêle et de la quantité de chaleur que peut dégager le bois.

Un petit poêle, chauffant relativement fort, offre souvent un meilleur rendement et moins de danger qu'un gros poêle qu'il faut sous-alimenter sérieusement pour ne pas avoir trop chaud.

7.0 RESUME

1. Le rendement d'un poêle à bois est une notion compliquée qui se mesure le mieux par la méthode de calcul continu des pertes instantanées de chaleur.
2. La méthode de calcul simplifié des pertes de chaleur permet d'analyser rapidement un poêle du point de vue de la conception et du rendement, mais souffre d'un manque de précision.
3. La mesure directe de la production de chaleur d'un poêle à bois n'est pas toujours représentative de la réalité et ne permet pas de savoir pourquoi le rendement d'un poêle est bon ou mauvais.
4. Le poêle à bois doit être situé dans une pièce très fréquentée de la maison.
5. Un petit poêle dont la puissance nominale est relativement élevée offre d'habitude un meilleur rendement et moins de danger qu'un gros poêle qui chauffe à une puissance réduite.
6. Les poêles combinés ont un bon rendement et permettent de voir la flamme lorsque les portes sont ouvertes, pouvant ainsi être substitués de façon avantageuse aux foyers.
7. Si les conseils donnés dans le présent ouvrage sont suivis, un bon poêle à bois peut être un complément utile à un système de chauffage existant et peut conduire à des économies d'énergie.

8.0 REFERENCES

1. Hayden, A.C.S. et Friedrich, F.D., Combustion Handbook for Canadian Fuels, Vol. II - Gaseous Fuels, Vol. III - Coal, Direction des mines, monographies 879 et 882, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, 1973, 1974.

2. Shelton, J.W., Wood Stove Testing Methods, pré-tirage ASHRAE, Atlanta, janvier 1978.

3. Hayden, A.C.S., Braaten, R.W., Brown, T.D., Oil Conservation in Home Heating, American Society of Mechanical Engineers, rapport ASME 76WA/Fu8, décembre 1976.

4. Hayden, A.C.S. et autres, Emissions and Energy Conservation in Residential Oil Heating, Journal de la Air Pollution Control Association, Vol. 28, n° 7, juillet 1978.

TABLEAU 1

ERABLE A SUCRE

ANALYSE ELEMENTAIRE

(à l'état sec)

Carbone	49,6 %
Hydrogène	5,2 %
Soufre	0,1 %
Azote	0,2 %
Cendre	2,0 %
Oxygène	43,0 %

Valeur calorifique brute (valeur de chauffage supérieure) : 8 300 B.T.U./lb

Teneur type en humidité : 10-20 %

TABLEAU 2

PHASES ELEMENTAIRES DE LA COMBUSTION DU BOIS

1. Evaporation de l'eau.

2. Vaporisation des hydrocarbures volatils.

3. Combustion proprement dite du bois.

TABLEAU 3

METHODES DE MESURE DU RENDEMENT DES APPAREILS DE CHAUFFAGE AU BOIS

1. Calcul continu des pertes instantanées de chaleur (L.C.R.C.)	méthodes indirectes
2. Calcul simplifié des pertes de chaleur (courbes de combustion)	
3. Calcul de la production de chaleur (chambre calorimétrique)	méthodes directes
4. Comparaison sur place avec un système connu	

TABLEAU 4

PERTES DE CHALEUR PAR LA CHEMINÉE

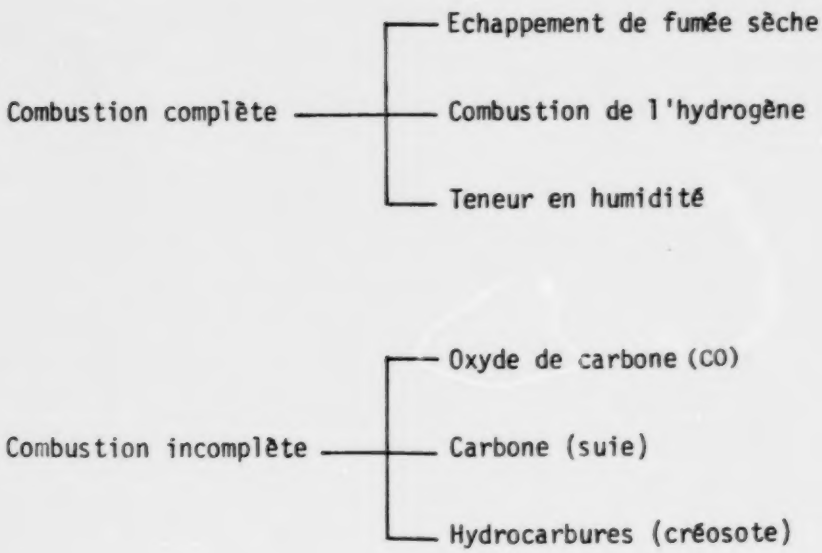

TABLEAU 5

FACTEURS INFLUANT SUR LE RENDEMENT D'UN POELE A BOIS

1. Excès d'air - Plus l'excès d'air est grand, moins le rendement est bo·

2. Température de la cheminée - Plus la température est élevée, moins le rendement est bon.

3. Teneur en humidité du bois - Plus la teneur en humidité est élevée, moins le rendement est bon.

4. Combustion incomplète - Plus la combustion est incomplète, moins le rendement est bon.

TABLEAU 6

MESURES POUR LA METHODE DE CALCUL DES PERTES INSTANTANEES DE CHALEUR

ELEMENT MESURE	METHODE
Bioxyde de carbone dans la fumée	Analyseur à l'infrarouge
Oxyde de carbone(CO) dans la fumée	Analyseur à l'infrarouge
Oxygène dans la fumée	Analyseur paramagnétique
Hydrocarbures à la température ambiante dans la fumée	Analyseur à l'infrarouge
Hydrocarbures à 350^{0} F dans la fumée	Détecteur d'ionisation des flamme
Hydrocarbures condensés à l'eau dans la fumée	Spectromètre de masse
Eau dans la fumée	Cellule à rosée
Equivalent d'oxygène dans la fumée	Cellule à combustible
Températures	Thermocouples
Suie	Échantillonneur de poussières
Poids du combustible	Balance numérique continue
Oxydes d'azote	Analyseur chimiluminescent

TABLEAU 7

ELEMENTS TYPES DE LA CREOSOTE

Acide acétique	22 %
Phénol	7 %
Autres phenols	40 %
Benzènes	16 %
Autres	15 %

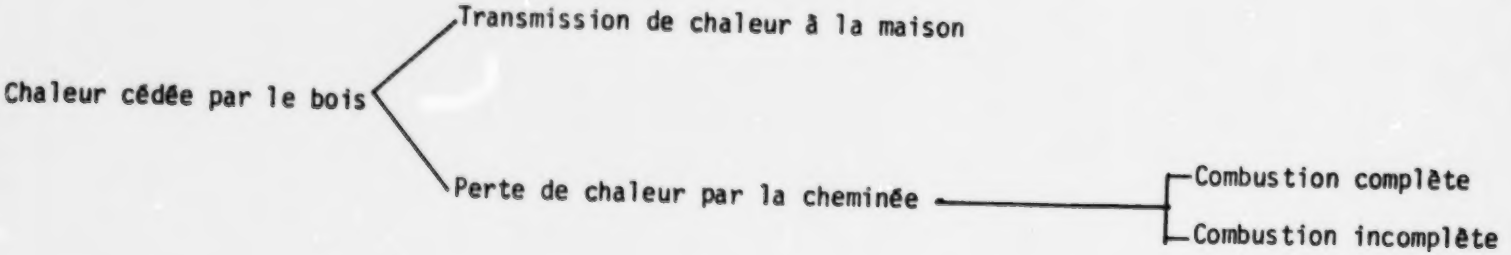

FIGURE 1 - Voies prises par la chaleur au sortir du poêle

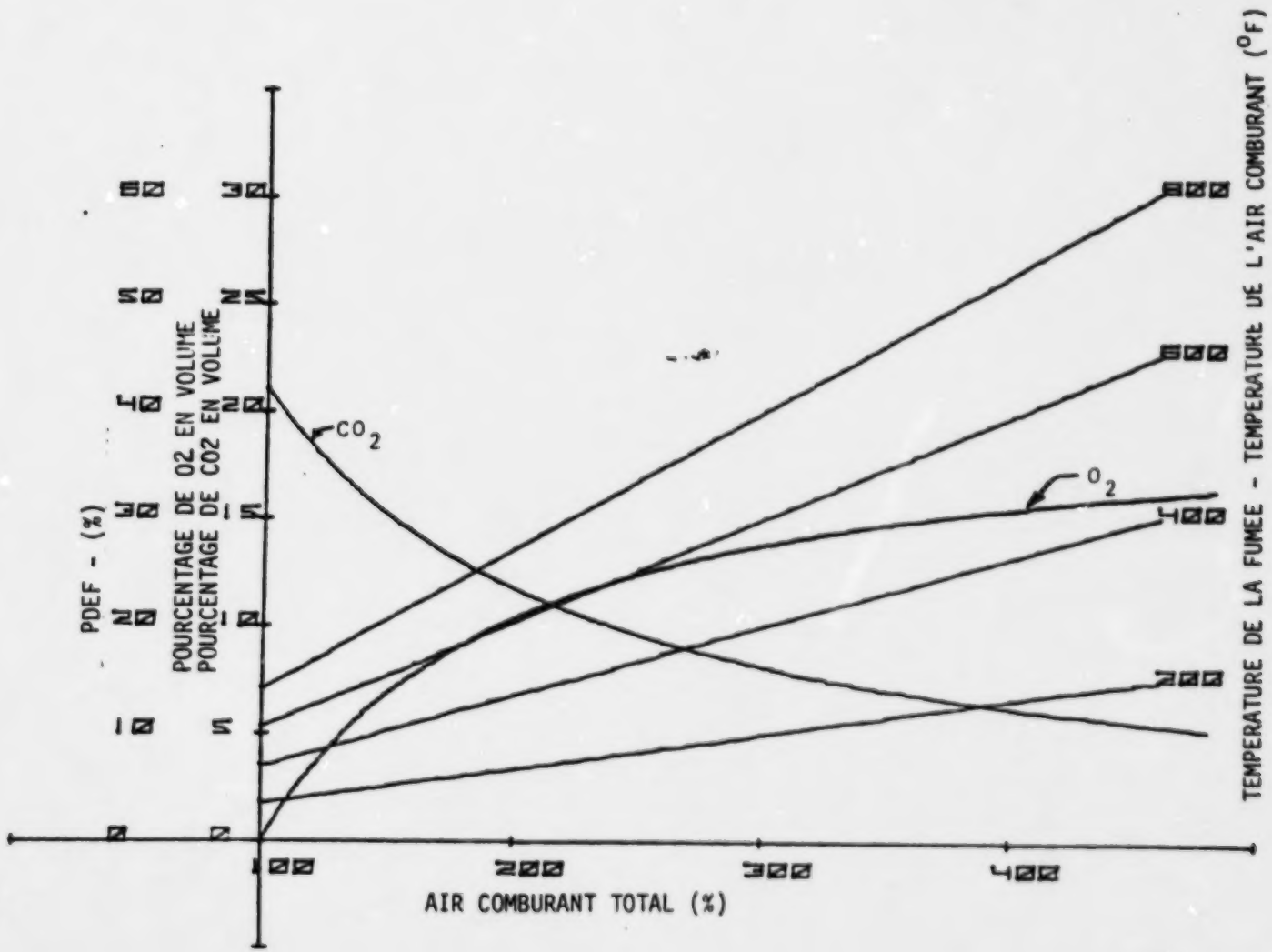

FIGURE 2. Pertes de chaleur dues à l'échappement de la fumée (PDEF) - Erable à sucre.

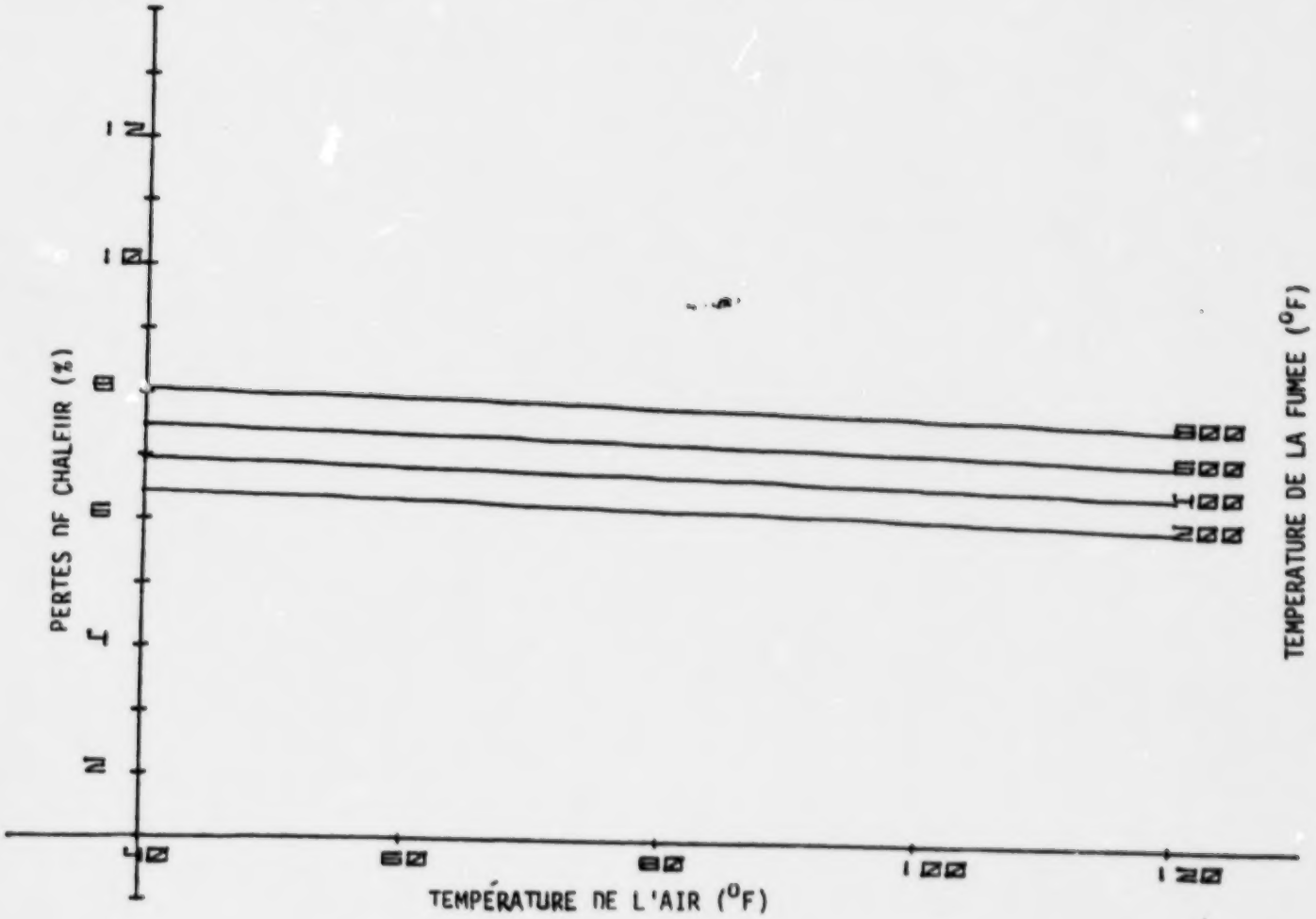

FIGURE 3. Pertes de chaleur dues à la combustion de l'hydrogène - Erable à sucre

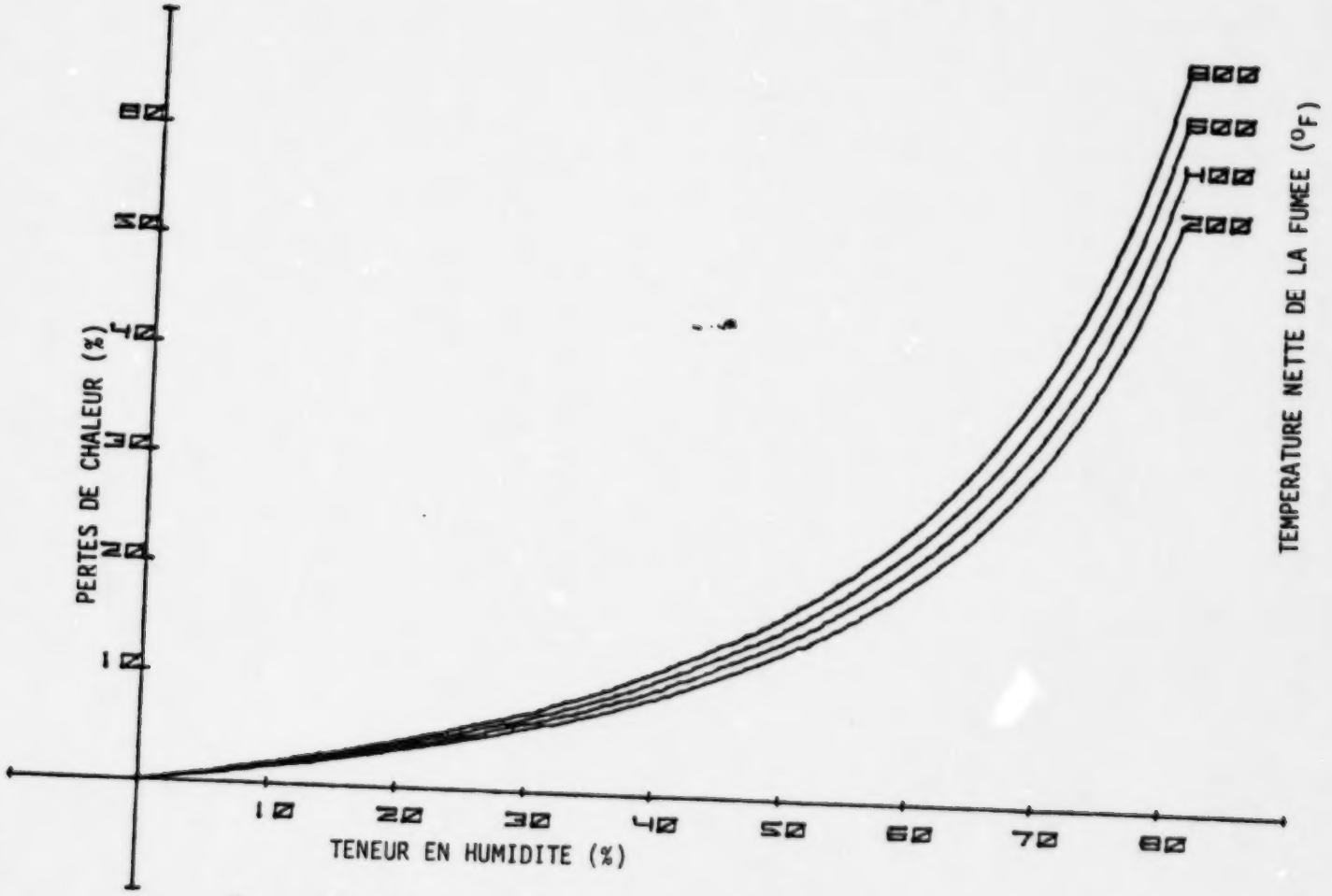

FIGURE 4. Pertes de chaleur dues à la teneur en humidité du bois - Erable à sucre

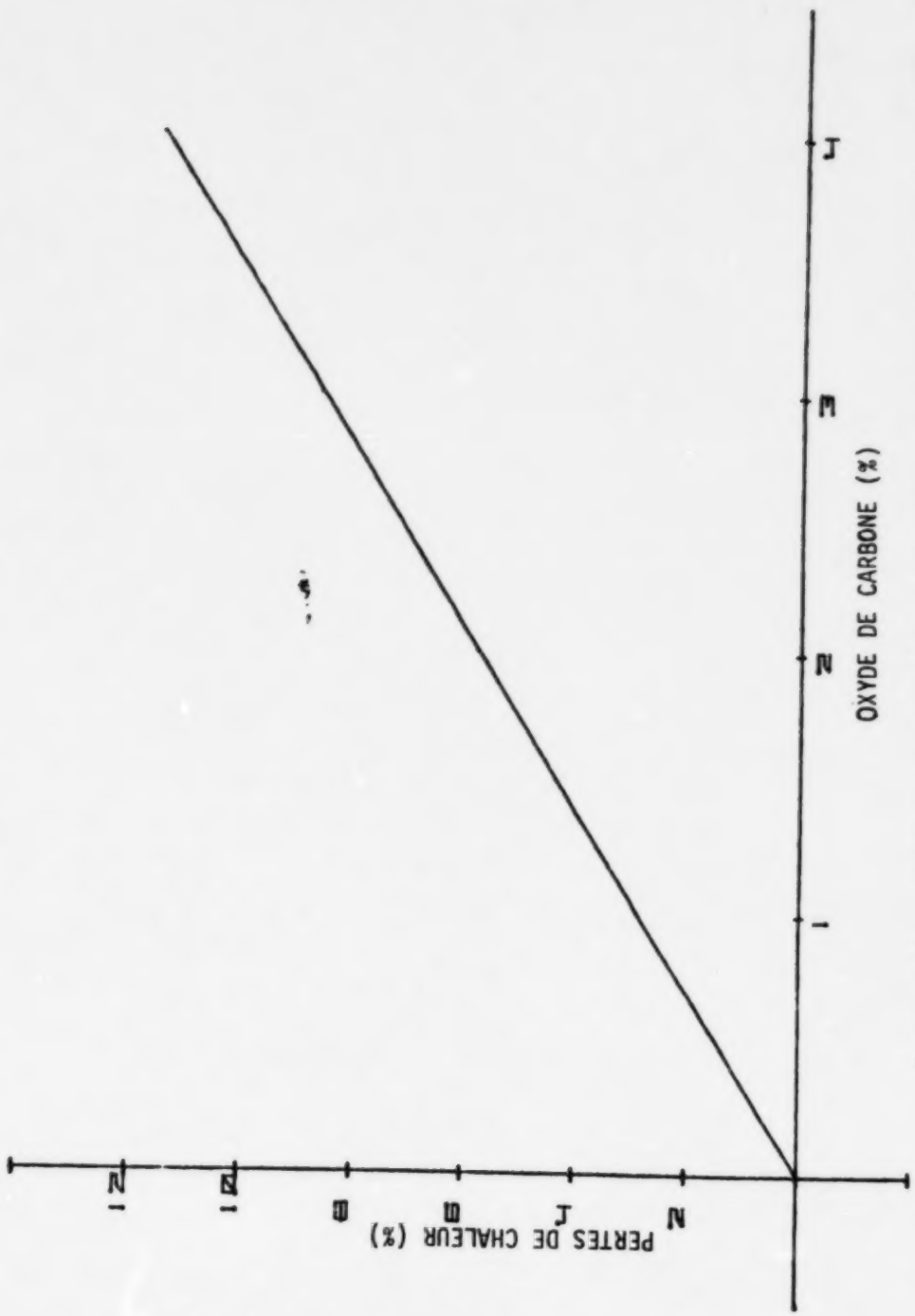

FIGURE 5. Pertes de chaleur dues à la présence d'oxyde de carbone (CO) - Erable à sucre

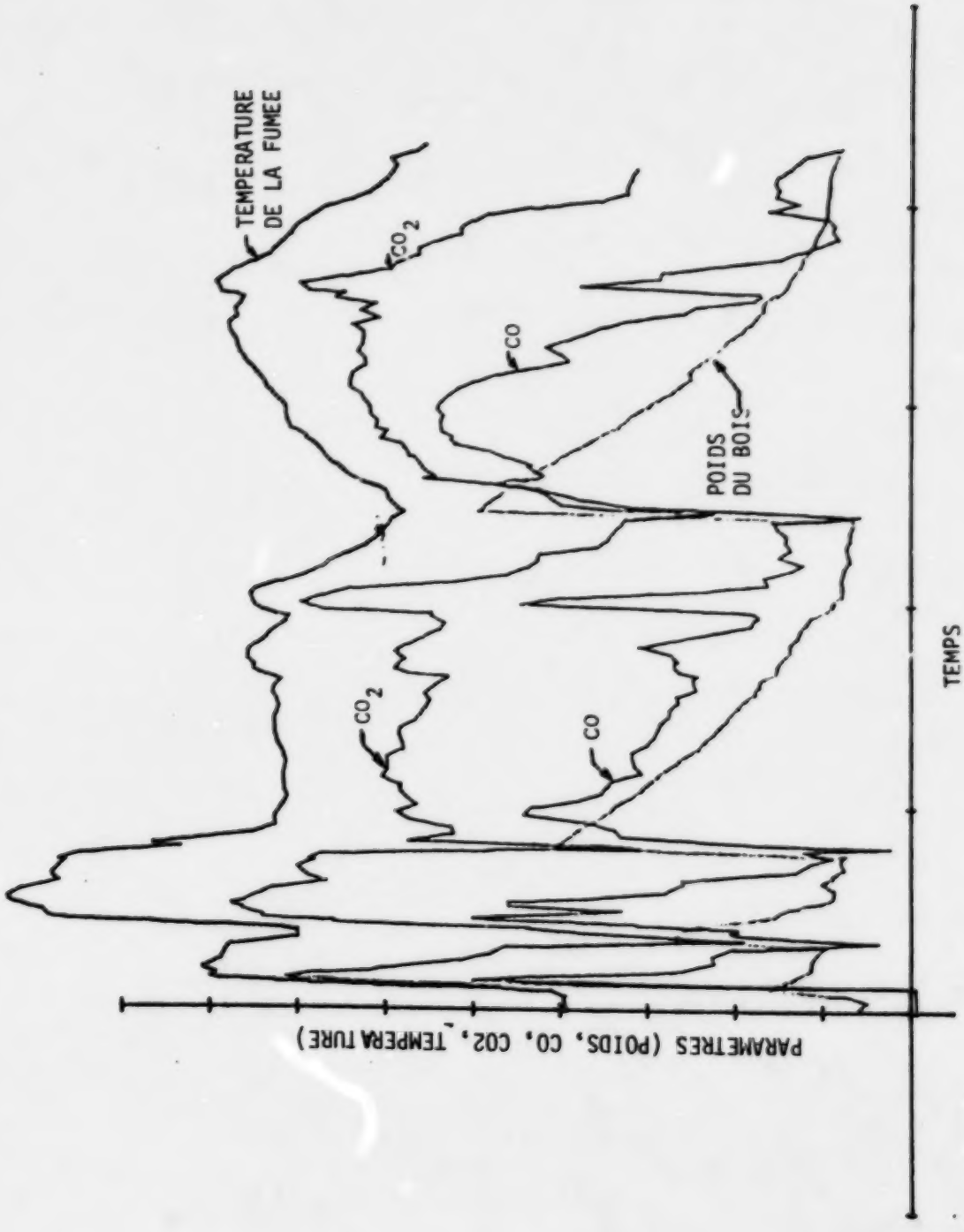

FIGURE 6. Résultats obtenus par la méthode de calcul continu des pertes instantanées de chaleur.

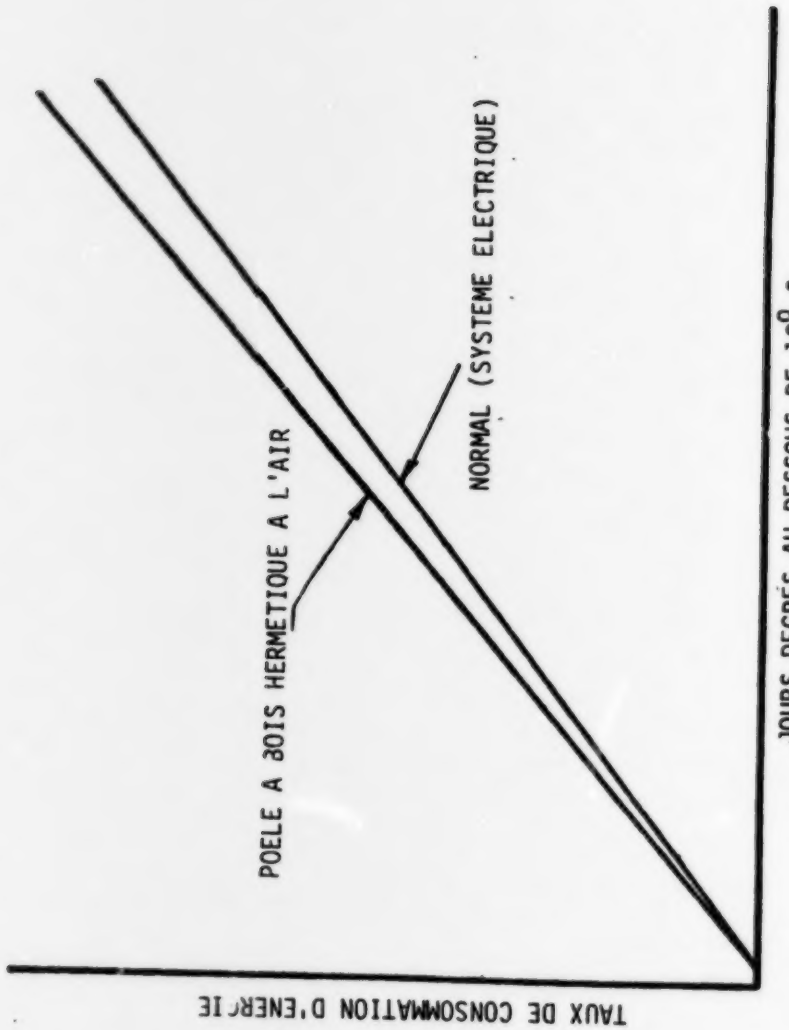

FIGURE 7. Profils thermiques d'une maison chauffée à l'électricité et au bois (vérification sur place)